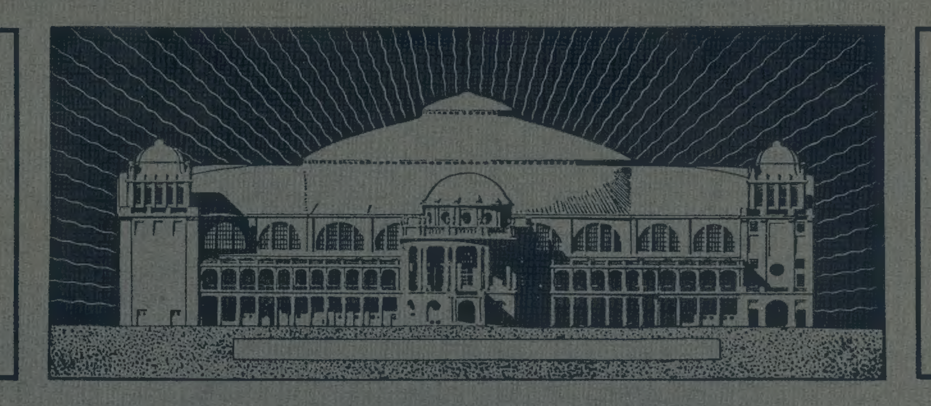


DIE EISENKONSTRUKTION DER AUSSTELLUNGS- U. FESTHALLE = ZU FRANKFURT AM MAIN =



AUSGEFÜHRT VON DER MASCHINENFABRIK
AUGSBURG-NÜRNBERG A. G.
WERK GUSTAVSBURG

DIE EISENKONSTRUKTION

DER

AUSSTELLUNGS- UND FESTHALLE

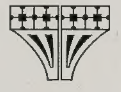
ZU

FRANKFURT AM MAIN

AUSGEFÜHRT VON DER

MASCHINENFABRIK AUGSBURG-NÜRNBERG A. G.

WERK GUSTAVSBURG



1909
DRUCK VON SCHIRMER & MAHLAU
FRANKFURT A. M.



I. ALLGEMEINES UND GESCHICHTLICHES.

Am 25. März 1906 wurde seitens der Stadt Frankfurt a. M. ein allgemeiner Wettbewerb zur Erlangung von Entwürfen für eine Ausstellungs- und Festhalle mit zugehörigen Nebenbauten unter den deutschen Architekten und Eisenbauanstalten ausgeschrieben.

Wenn auch das Ergebnis dieser ersten Ausschreibung nach dem Urteil des Preisgerichtes ein recht befriedigendes zu nennen war, so ergaben sich doch so außerordentlich verschiedenartige Auffassungen, sowohl in künstlerischer, als auch in konstruktiver Beziehung, daß keiner der Entwürfe, so wie er vorlag,



Abbildung 1. Hauptansicht mit Mittelbau.

zur Ausführung geeignet war. Es entschlossen sich daher die ersten drei Preisträger freiwillig zur Umarbeitung ihrer Entwürfe. Dies führte zur engeren Wahl von zwei Entwürfen, die unter Führung der Herren Professoren Friedr. von Thiersch, München und F. Pützer, Darmstadt unter Mitwirkung von ersten Eisenkonstruktions- und Bauunternehmerfirmen entstanden sind. Wegen des inzwischen in mancher Beziehung geänderten Bauprogramms wurden nun die Vorgenannten zur Ausarbeitung neuer Entwürfe angegangen. Die Entwürfe dieses zweiten engeren Wettbewerbes wurden am 12. und 13. April 1907 seitens des Preisgerichts des ersten Wettbewerbs einer eingehenden Prüfung unterzogen und unter Berücksichtigung der von den Unternehmerfirmen zugesagten Termine, ungeachtet der höheren Baukosten, beschlossen, den von Herrn Professor von Thiersch in Verbindung mit der Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg A. G., Werk Gustavsburg und der Firma Philipp Holzmann & Co., G. m. b. H., Frankfurt a. M. eingereichten Entwurf den städtischen Behörden zur Ausführung zu empfehlen. Somit war ein Bauentwurf gewonnen worden, der als ein höchst erfreuliches Ergebnis der langwierigen und in Anbetracht der außergewöhnlichen Aufgabe nicht ganz leichten Vorverhandlungen bezeichnet werden darf, ein Ergebnis, das auch das Preisgericht in solchem Maße befriedigte, daß, wie es im Protokoll des Preisgerichtes heißt, „die auswärtigen Herren die Stadt Frankfurt beglückwünschen, eine so hervorragende Lösung der Aufgabe gefunden zu haben, durch welche auch die Schwierigkeiten der Platzgestaltung in glücklicher Weise überwunden worden sind.“

Nachdem dann noch die Finanzierung des Bauwerks durchgeführt und am 6. Juni 1907 der Auftrag zur Bauausführung erteilt war, konnte am 11. Juni 1907 mit dem Bau begonnen werden. Es würde nicht in den Rahmen dieser kurzen Abhandlung passen, das ganze Bauwerk hier eingehend zu beschreiben, es sei nur noch einiges über die allgemeine Form der Halle gesagt, ehe auf den eigentlichen Zweck dieser Zeilen, die Eisenkonstruktion des Bauwerks zu schildern, eingegangen wird.

Die Grundrißform der Halle ist eine Ellipse, an deren großen Achse sich beiderseits Rechtecke anschließen. Gesamtlänge 112 m, kleine Achse der Ellipse 67 m, im Lichten.

Die eigentliche Halle ist von einer Reihe von mehrstöckigen Gürtelbauten umgeben, wie Konzertsäle, Restauration, Gesellschaftsräume, Garderobe, Bedürfnisanstalten usw.

Im nutzbaren Raum sind einschließlich der beiden Galerien 12000 Sitzplätze und 6000 Stehplätze vorgesehen.



II. DIE EISENKONSTRUKTION UND DIE EISENBETONARBEIT DER GALERIEN.

Die Herstellung der eisernen Tragkonstruktion zur Ueberdeckung des Hallenraumes bot dem ausführenden Ingenieur eine der schwierigsten, aber auch anziehendsten Aufgaben. Galt es doch nicht allein, große Spannweiten zu überwinden und einer große Verschiedenheiten der Tragteile bedingenden künstlerisch freien Raumgestaltung sich anzupassen und sehr rasch zu bauen, sondern es sollte die Eisenkonstruktion auch in ihrer natürlichen Erscheinung selbst die beabsichtigte architektonische Wirkung erreichen, also nicht nur fest, sondern auch schön sein.

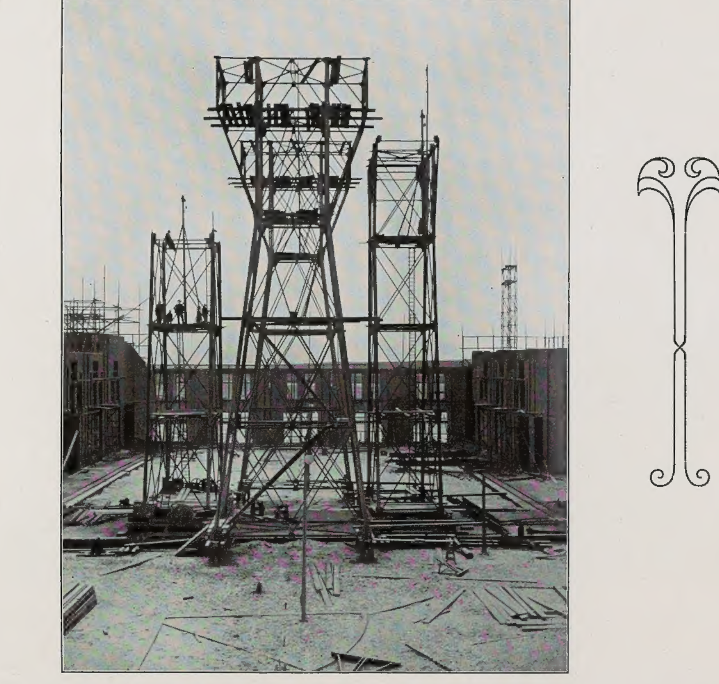


Abbildung 2. Montagegerüst für den Kuppelring am 1. Februar 1908.

Wenn schon der neuzeitliche Eisenbau auf dem Gebiete der Werkstattgebäude, Hallenbauten, besonders der Bahnhofshallen und dergleichen, durchaus schon den Nutzzweck auch mit ästhetisch befriedigender Gestaltung

zu vereinen vermag, so ist ihm doch wohl noch kaum für einen Monumentalbau ein so weitreichender Anteil daran anvertraut worden. Der führenden Hand des Künstlers konnte daher auch während der ganzen Durchführung der Konstruktionsplanung nicht entraten werden, obwohl natürlich dem Ingenieur seine eigentliche Aufgabe voll verblieb.

Die ganze über 6000 qm messende Grundfläche der Halle ist völlig frei von inneren Stützen und ohne Benutzung von Tragmauern aufgebaut und wird von einer mächtigen und doch leicht und architektonisch wirkenden, unverhüllten Eisenkonstruktion überspannt.

Die wesentliche Tragkonstruktion wird durch ein System von Bogenbindern, zusammen 20 Stück, gebildet, die aus gewaltigen Betonfundamenten vom Boden bis zum First emporsteigen. Diese Binder sind im elliptischen Mittelteil radial gestellt und führen, auch im Aufriß zum Teil nach elliptischen Linien geformt, zu einem 30,5 m hochliegenden, vierwandigen elliptischen Druckring, den eine Laternenkuppel krönt. In

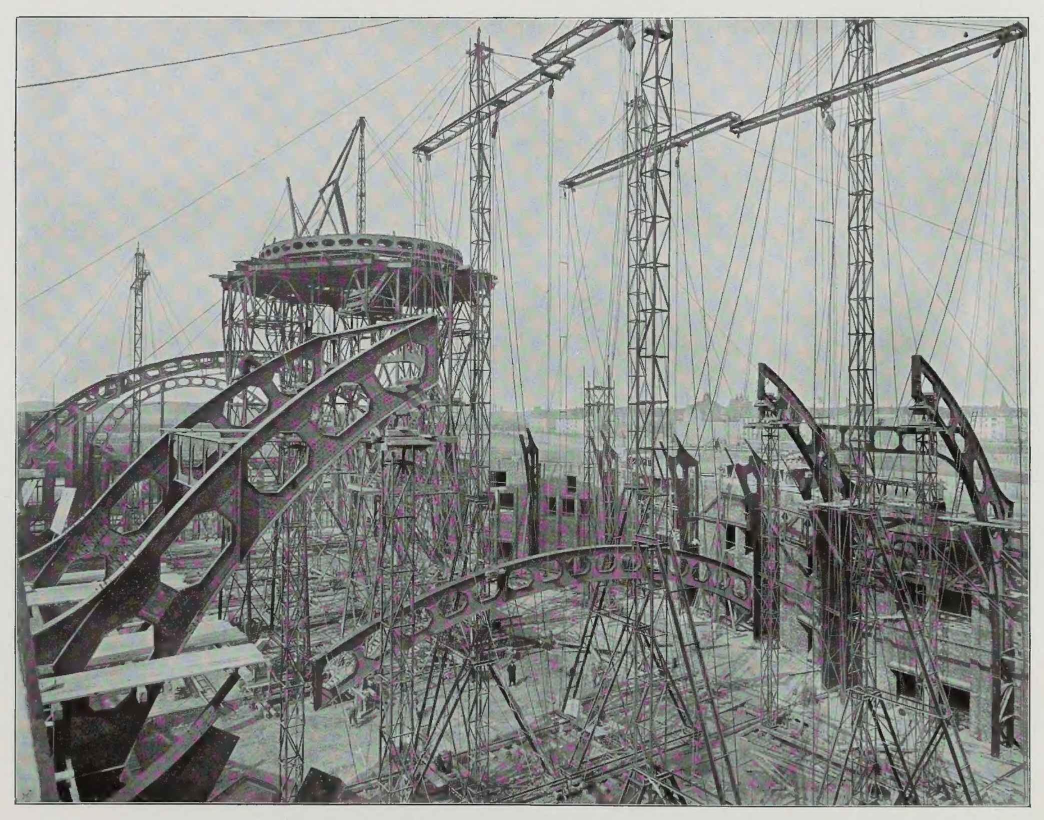


Abbildung 3. Montagestand am 25. März 1908.

den beiden seitlichen, rechteckig anschließenden Räumen (Tonnen) bildet der in der Schnittebene mit dem Mittelbau liegende Bogen den vertikalen Stützpunkt für die anlaufenden Radialbinderstücke, während deren Schub sich durch gleichzeitig als Pfetten dienende Tragglieder in den Tonnen bis zu den vier schrägen Eckbindern fortleitet. Diese Tonenüberdachungen sind nach den Giebelwänden zu seitwärts abgewalmt, während

sie in der Mitte mit Stichkappen durchsetzt sind, um den in den Giebelwänden angebrachten großen Schürzenfenstern Raum zu schaffen. Die Bogenbinder werden innerhalb der Kuppel durch drei ringförmig verlaufende Stränge von Hauptpfetten verbunden, welche sich in den Tonnen entsprechend fortsetzen. Zu diesen beiden Haupttragelementen, den Bindern samt Druckring und den Pfetten, gesellen sich zur Stützung des Dachaufbaues noch eine Reihe von Hilfs- und Zwischentragteilen, wie Sparren, Dachaufsätze, Sprossen und Verbände. Die

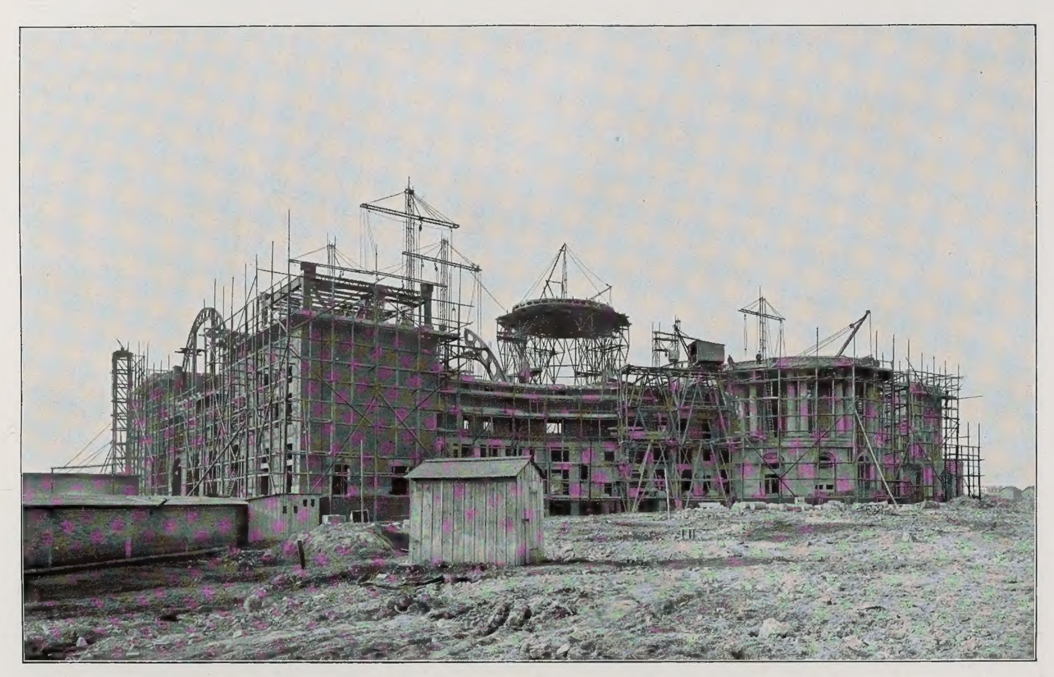


Abbildung 4. Nordostecke im Rohbau am 25. März 1908.

Binder aber haben noch besondere Tragglieder für die frei auskragende 5,7 m breite 2. Galerie, nämlich deren Längsträger und Konsolen, angeschlossen. Die erste aus Eisenbeton gebildete 10 m breite Galerie ist für sich unabhängig durch Eisenbetonpfeiler gestützt, sodaß die Binder nur als zweites vertikales Auflager für diese Galerie zu dienen haben.

Die eigentliche Tragkonstruktion im Dach beginnt unter der inneren Putzdecke bezw. der inneren Verglasung.

Die Belichtung des Innenraumes erfolgt, abgesehen von den reichlichen Seitenlichtöffnungen, durch ein in der Kuppel angebrachtes zentrales und zusammenhängendes Oberlicht, von ebenfalls elliptischer Begrenzung und mit Hauptachsen von 54 und 34 m. Dieses Oberlicht formt sich wiederum über den schon erwähnten Druckring der Kuppelbinder zu einer kleineren, in der Höhenentwicklung besonders markierten, elliptischen Glaskuppel, der sogenannten Laterne, aus deren Mittelpunkt (39 m Höhe) eine 18 m lange Fahnenstange ragt.

Das Dach ist in seinen undurchsichtigen Flächen mit Kupfer auf Holzschalung eingedeckt und mit einer inneren Decke aus Rabitz- bezw. Rohrputz versehen. Die Oberlichtflächen besitzen doppelte Verglasung aus Drahtglas. Die äußere Dachhaut ist durch aufgesetztes Stabwerk gestützt.

Das Sprossenwerk für die Glasdeckung bedarf wohl keiner näheren Erläuterung.

Alle wesentlichen Konstruktionsteile sind leicht zugänglich und in fugenfreien Querschnitten ausgeführt.

Das dekorative Moment der sichtbaren Eisenkonstruktion liegt, abgesehen von der Linienführung in der eigentümlichen Fachung bezw. Rahmung durch Achtecksöffnungen.

Diese Anordnung ist aber doch keineswegs nur ein ästhetisches Zugeständnis. Bei dem vollwandigen Blechträger wird das Stehblech bekanntlich für Uebertragung von Biegungsmomenten nicht ausgenützt; dies war auch im vorliegenden Falle angesichts der Momente für die Querschnittsbestimmung ausschlaggebend für



Abbildung 5. Montagestand am 15. April 1908.

die besondere Gestaltung. Es werden also hauptsächlich Gurtungen benötigt. Für die verbleibende Querkraftsübertragung hätte eine Gitterausfachung gewählt werden können. Es war aber zu bedenken, daß die gebogenen Gurtungen doch auch Biegungsmomenten widerstehen müssen. Bei den verhältnismäßig kleinen Querkräften hätten die Diagonalen aus konstruktiven Gründen erheblich stärker bemessen werden müssen, als es der reinen Stabkraft entsprochen haben würde. Danach ist es nicht nur ein zulässiger, sondern sogar ein vorteilhafter Weg, die Ausfachung nicht genau in den Stabachsen auszuführen, sondern dieselben durch sich anschmiegendes, überall zur Aufnahme von Biegungswiderständen befähigtes Rahmenwerk zu ersetzen.



Abbildung 6. Montagestand am 15. April 1908.

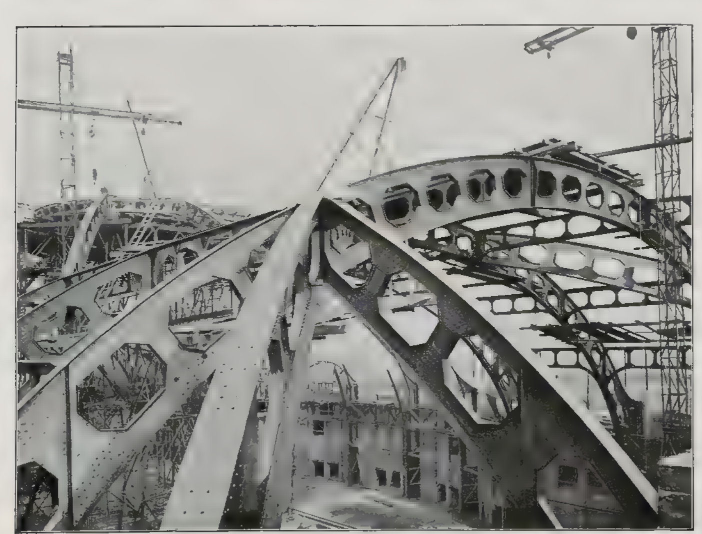


Abbildung 7. Montagestand am 15. April 1908.

An den Uebergangsstellen (von Dach auf Wand) und an den Auflagern wird natürlich, den Aenderungen der Querkrafteinflüsse entsprechend, die Fachung kräftiger und konzentrierter.

Bei den Pfetten ist die Anordnung ähnlich. Die tragenden Glieder und die Vertikalstäbe dienen mit ihren Eckblechverbindungen hauptsächlich dazu, die Kräftewirkung auf die beiden Gurtungen gleichmäßig zu verteilen und die erforderlichen Knicksicherungen zu erzielen.

Bemerkenswert an der Eisenkonstruktion erscheint, besonders auch in statischer Hinsicht, die



Abbildung 8. Montagestand am 9. Mai 1908.

Binderanordnung. Das System derselben ist ein Viergelenkbogen, der nach einer, der ausführenden Firma, der Brückenbauanstalt Gustavsburg patentierten Erfindung, mit selbsttätig wirkenden Gelenken versehen ist. Durch die Anwendung solcher Viergelenkbogen wird ein technischer Vorteil dadurch erreicht, daß die Drucklinien für diejenigen Belastungszustände, welche die Querschnittsbemessung bestimmen, der gegebenen geometrischen Form sich weit günstiger anschmiegen als bei den bisher üblichen Systemen der Zwei- und Dreigelenkbogen. Bei ein-



Abbildung 9. Montagestand am 30. Mai 1908.

seitigen Lasten schließt sich selbsttätig eines der Gelenke und zwar hat man es in der Hand, die Veränderung der Gliederung so eintreten zu lassen, daß diese Lastwirkungen keine wesentlichen Spannungs- und Querschnittsvermehrungen gegenüber den ständig vorzusehenden Lastern erfordern.

Von wesentlichem Vorteil ist aber noch die erhebliche Vereinfachung der Montage, die Genauigkeit der Ausführung und die Sicherheit der Berechnung. (Auf gleichem System beruhen u. a. auch die Ausführungen der genannten Firma für die neuen Bahnsteighallen in Metz und die Ballonhalle in Cöln.) Die statische Berechnung der Eisenkonstruktion ist im übrigen eingehend auf wissenschaftlicher Grundlage, unter Berücksichtigung aller vorzusehenden Belastungszustände erfolgt; die umfangreichste Arbeit daran war die Berechnung des mittleren elliptischen Druckrings unter der Einwirkung einseitiger Belastungen.



Abbildung 10. Südostecke im Rohbau am 2. Juni 1908.

Doch lag die Hauptschwierigkeit bei der scharfen Terminleistung in der zeichnerischen Durcharbeitung der Konstruktion für die Werkstätte, wobei die Ausdauer der Ingenieure auf eine harte Probe gestellt wurde. Mußten doch fast alle Binder zwecks Sicherheit der Festsetzung der Einzelmaße in natürlicher Größe durchgezeichnet werden. Zeitweise waren über 25 Konstrukteure beschäftigt, um die Werkzeichnungen richtig voran zu bringen, denn eine auch zeitweilige Behinderung durch das Bureau hätte die rechtzeitige Erstellung des Bauwerkes völlig in Frage gestellt.

Mit vorstehendem ist gleichzeitig die Schwierigkeit der Werkbearbeitung selbst gekennzeichnet. Hier kam der ausführenden Firma aber die hohe Leistungsfähigkeit der damals eben rechtzeitig in Betrieb gesetzten, ganz modern eingerichteten neuen Werkstätte (Südwerk Gustavsburg) sehr zu statten. Scharf ist's aber auch da manchmal hergegangen, besonders haben die vielen verschiedenen geschmiedeten Rahmenwinkel viel Zeit

und Mühe gekostet. Auch der Kuppelring und das zierliche Gerippe der inneren Kuppellaterne, sowie das Traggerippe der gewundenen Treppe zur ersten Galerie dürfen wohl als schwierige Werkarbeit hier besonders verzeichnet werden.

Die Betonarbeiten der beiden Galerien und die Einglasung des Zentraloberlichtes wurden ebenfalls vom Werk Gustavsburg bewirkt; im wesentlichen betrafen diese Leistungen natürlich Arbeiten an der Baustelle, wenngleich z. B. die Bestellung der Drahtglastafeln wegen der Schwierigkeit der Maßfestlegung im Bureau weit mehr Umstände machte als das spätere Verlegen selbst.

Die Montagearbeiten wurden mit dem Gerippe des Turmunterbaues begonnen, welcher ebenfalls zu den Eisenkonstruktionslieferungen des Werkes Gustavsburg gehörte, aber mit der Hallenkonstruktion nicht direkt in Zusammenhang steht. Für letztere selbst war der Montagevorgang, kurz beschrieben, folgender:

Es wurde der im Scheitel der Kuppel liegende vierwandige, 18 m Durchmesser besitzende Druckring auf einer Plattform montiert, die von vier 30 m hohen eisernen Gerüstpfeilern getragen wurde. Gleichzeitig



Abbildung 11. Montagestand am 7. Juli 1908.

erfolgte die Montage der Tragkonstruktion für die beiden Tonnengewölbe, speziell der schon erwähnten Viergelenkbogen. Dabei mußten Montagestücke von 28 m Länge und 14 t Gewicht mittels 35 m hoher, eiserner Pfeilerkrane auf eine Höhe von etwa 25 m gezogen werden. Gegen die Tonnengewölbe bezw. auf

die Viergelenkbogen wurden einerseits die Grat- und Zwischenbinder der Tonnen, andererseits die hier abfallenden kürzeren Kuppelbinder gestützt; diese waren in ihren oberen Enden mit Gelenken am Druckring angeschlossen. Nach Montage der sämtlichen Kuppelbinder erfolgte ein Ablassen des auf Hebschrauben auf der Plattform ruhenden Druckringes.



Abbildung 12. Inneres der Halle beim Turnfest 1908.

Zur Aufstellung wurden u. a. verwendet: 6 Pfeilerkrane von 35 m Höhe, 1 Derrick mit Auslegerlänge von 24 m, 6 Derricks mit Auslegerlängen von je 14 m.

Die Aufzugsvorrichtungen usw., sowie die auf der Baustelle verwendeten Arbeits- und Werkzeugmaschinen wurden sämtlich elektrisch betrieben, die Nietung erfolgte durch Preßluft.

Die Montage ging dank vorzüglichen Passens der einzelnen Stücke und zweckmäßiger Aufstellvorrichtungen flott voran.

Begonnen wurde mit der Aufstellung des ersten Binderfußes am 2. Januar 1908, und am 13. Mai 1908 fand im Beisein des Bezirksvereins Rheingau des Vereines Deutscher Ingenieure das Einsetzen des letzten Kuppelbinders statt.

Die Betonage der 10 m breiten ersten Galerie dauerte nur $1^1/_2$ Monate, die 2000 qm große äußere Verglasung der Kuppel nur 3 Wochen.

Am 11. Juni 1908, 11 Monate nach Bestellung, stand die Halle eingedeckt, mit äußerer Verglasung und erster Galerie, programmäßig zum Turnfest zur Verfügung.

Nach dem Turnfest 1908 trat in den Bauarbeiten eine erwünschte kurze Pause ein, dann wurde aber die Herstellung der 2. Galerie und der Innenverglasung rüstig gefördert.

Die Betonierung der 2. Galerie ist besonders in der Einschalung nicht leicht gewesen. Doch gelang es, auch diese Restarbeiten programmgemäß durchzuführen, sodaß zum vorgeschriebenen Termin alle Lieferungen und Leistungen pünktlich erfüllt waren.

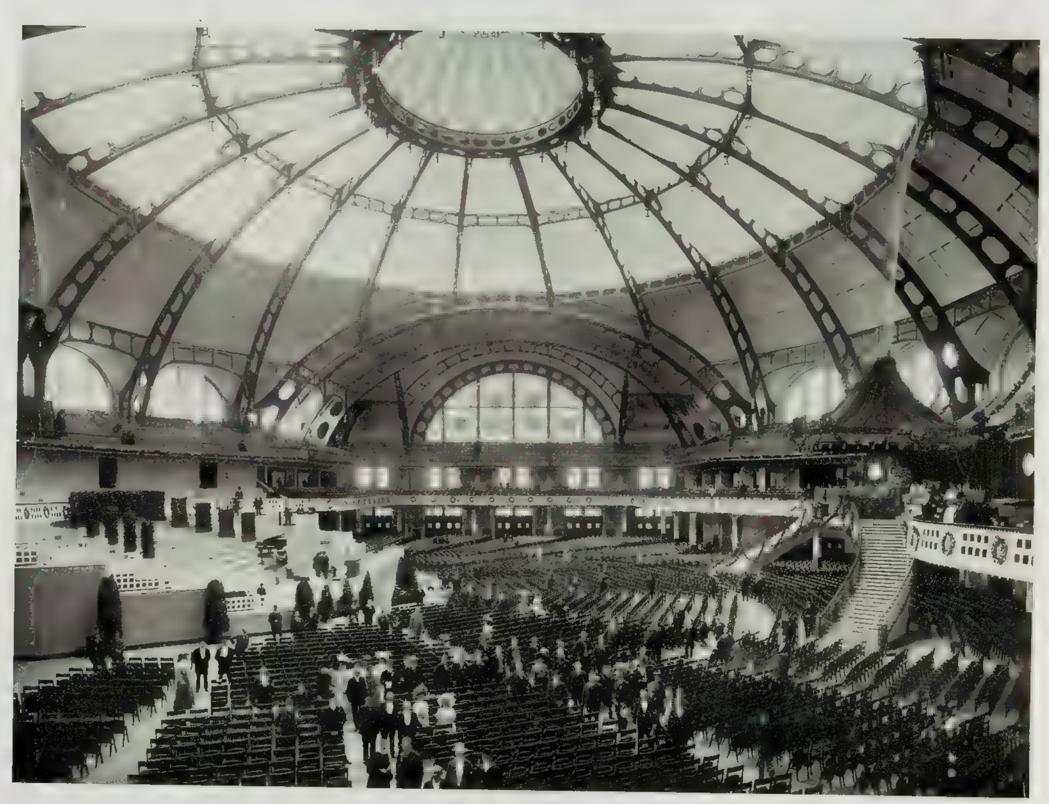


Abbildung 13. Blick in die Halle von der II. Galerie.

Die Durcharbeitung des Entwurfes und die Ausführung aller vorstehend geschilderten Arbeiten lag, wie bereits bemerkt, in den Händen von Werk Gustavsburg der Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg A. G.

Schon bei Eröffnung des 11. Deutschen Turnfestes, zu welchem die Halle bereits provisorisch zur Verfügung gestellt werden konnte, wurde auch der besonderen Verdienste des Eisenkonstrukteurs gedacht; ihm gebührt nächst dem Architekten der Hauptanteil an dem Verdienst, daß eine so reichgestaltige und den

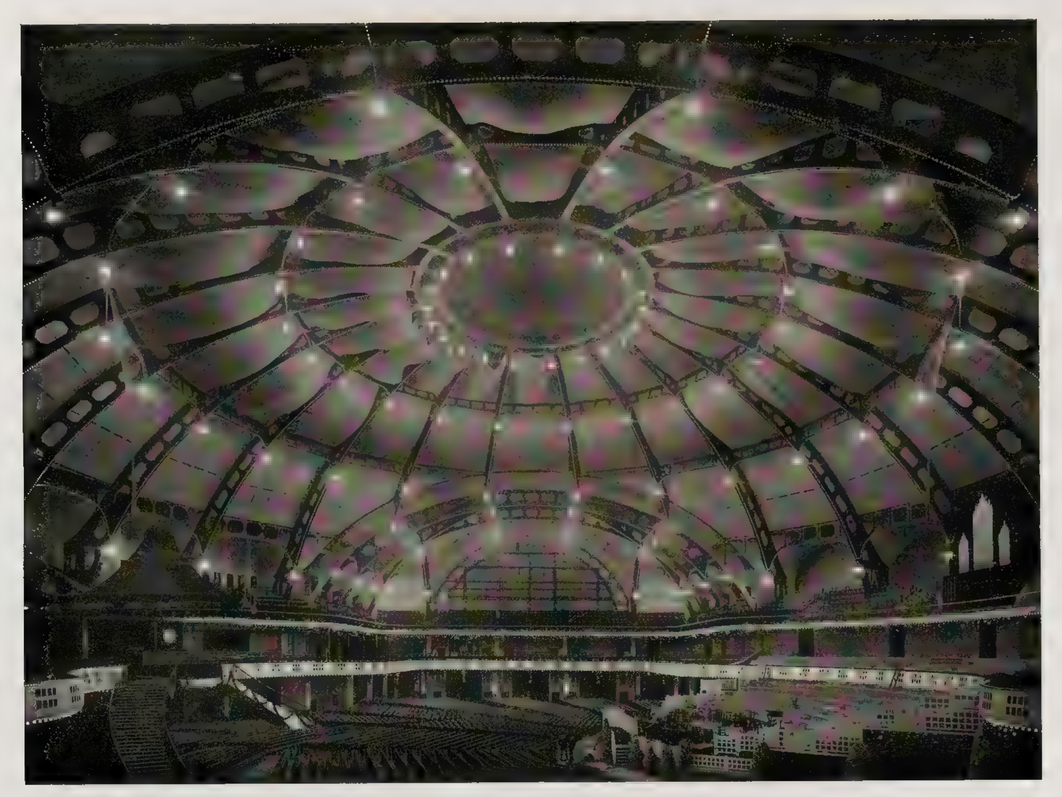
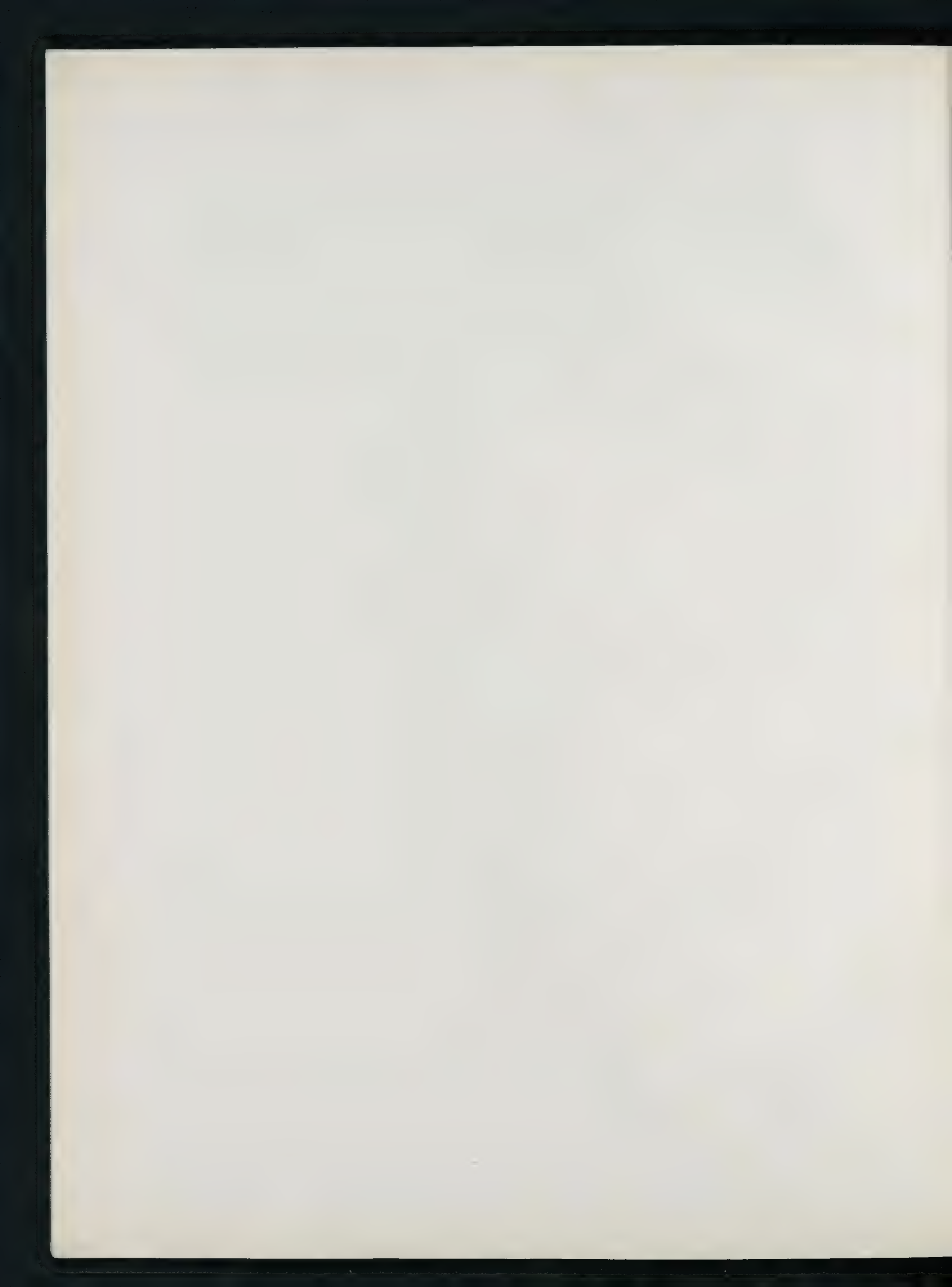


Abbildung 14. Blick in die Halle bei künstlicher Beleuchtung.

höchsten Anforderungen an den Eisenbau stellende Konstruktion in so kurzer Zeit bewältigt werden konnte, ein Beweis dafür, daß die deutsche Ingenieurkunst in den führenden Firmen den höchsten Anforderungen zu entsprechen vermag.





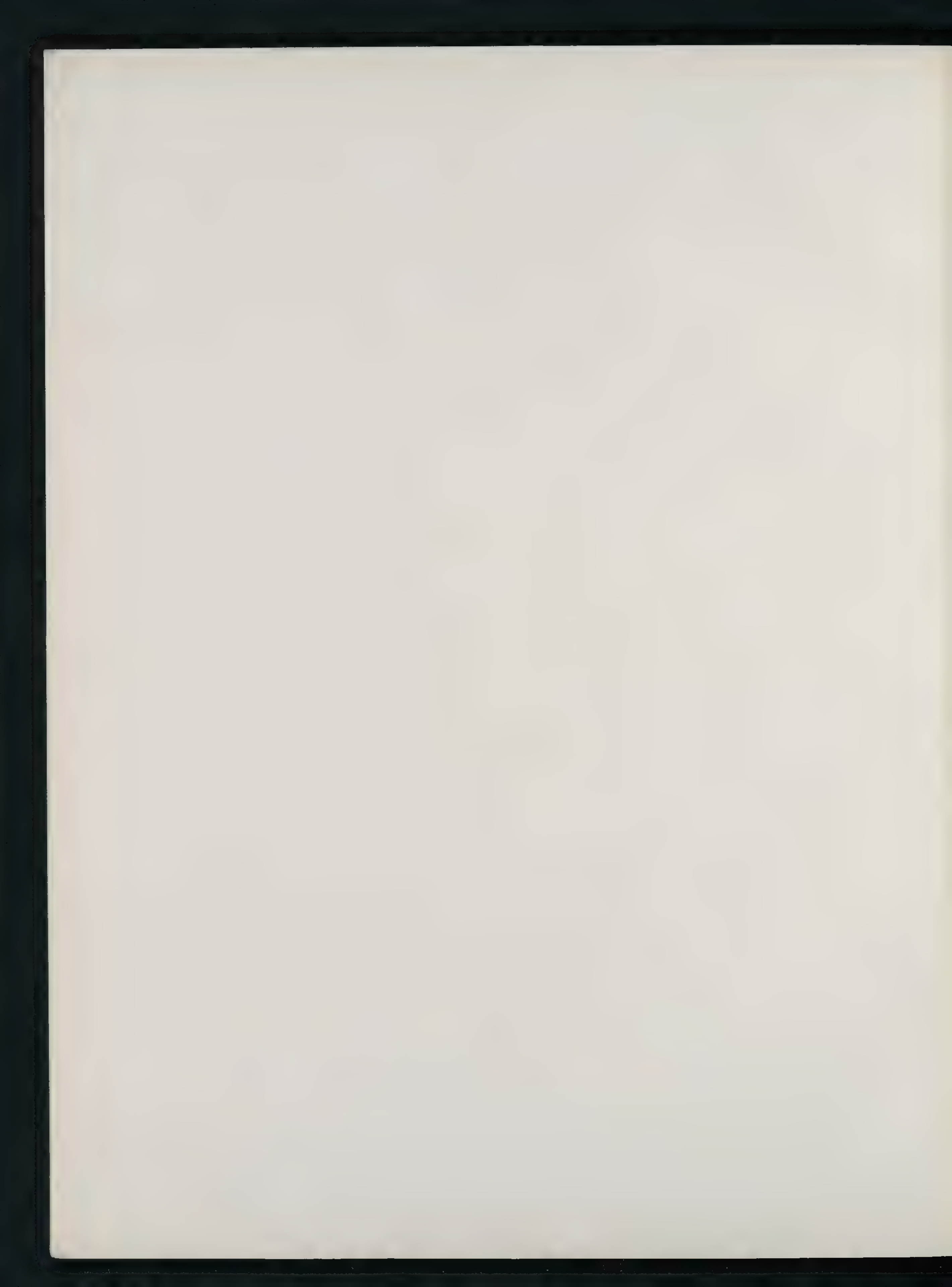


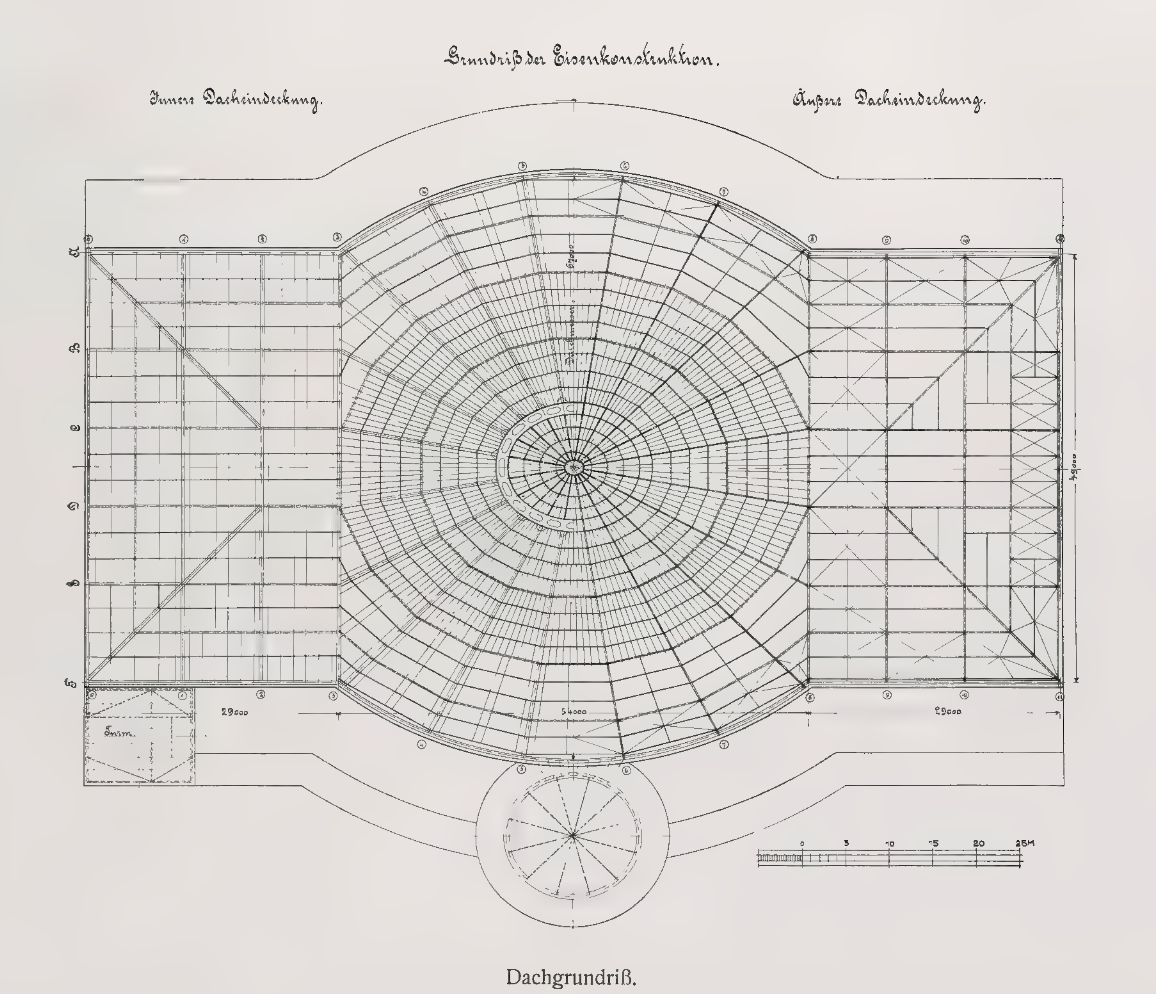


Projekt des engeren We

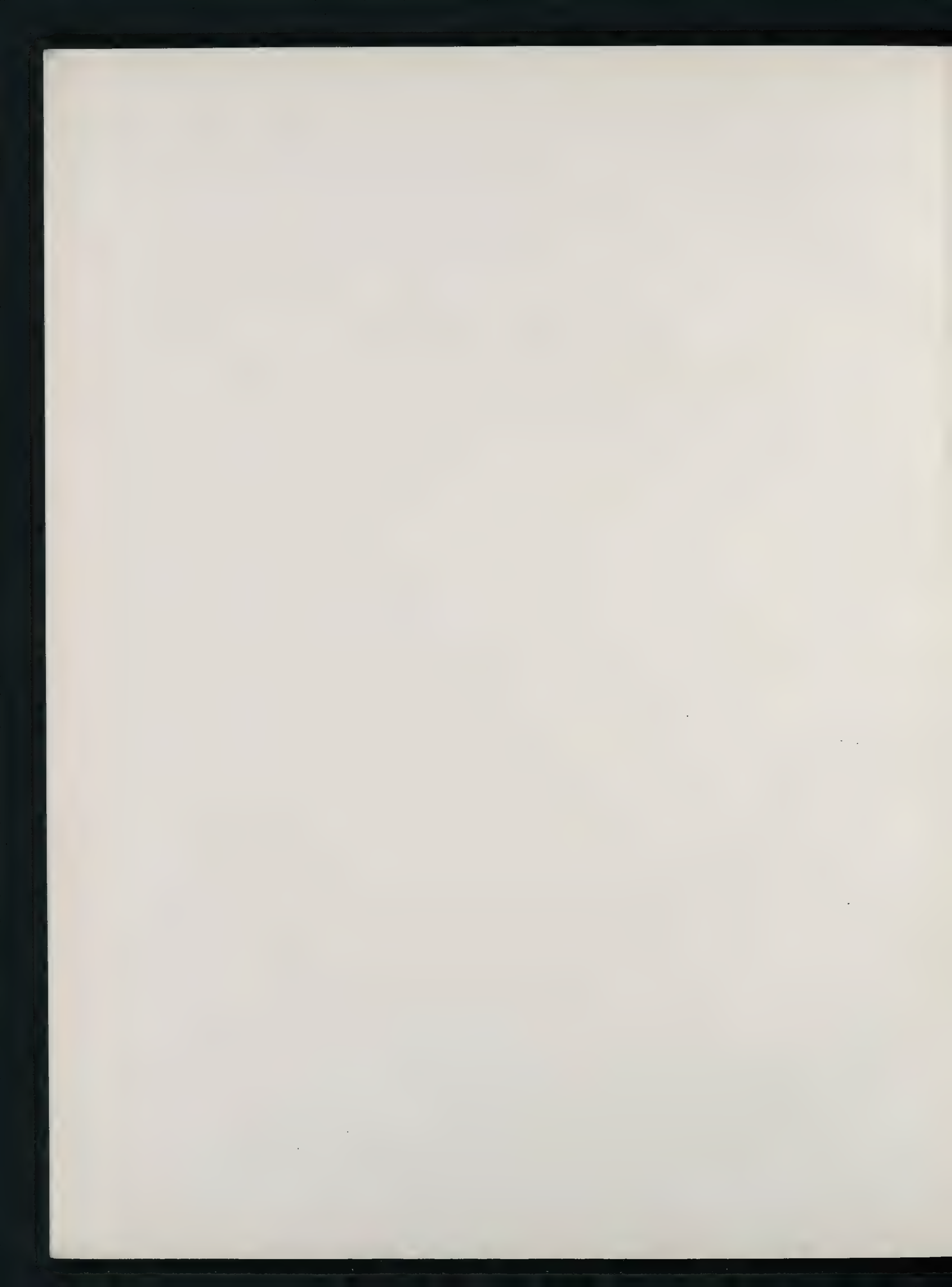


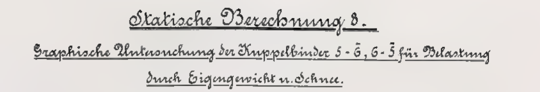
erbs. Inneres der Halle.



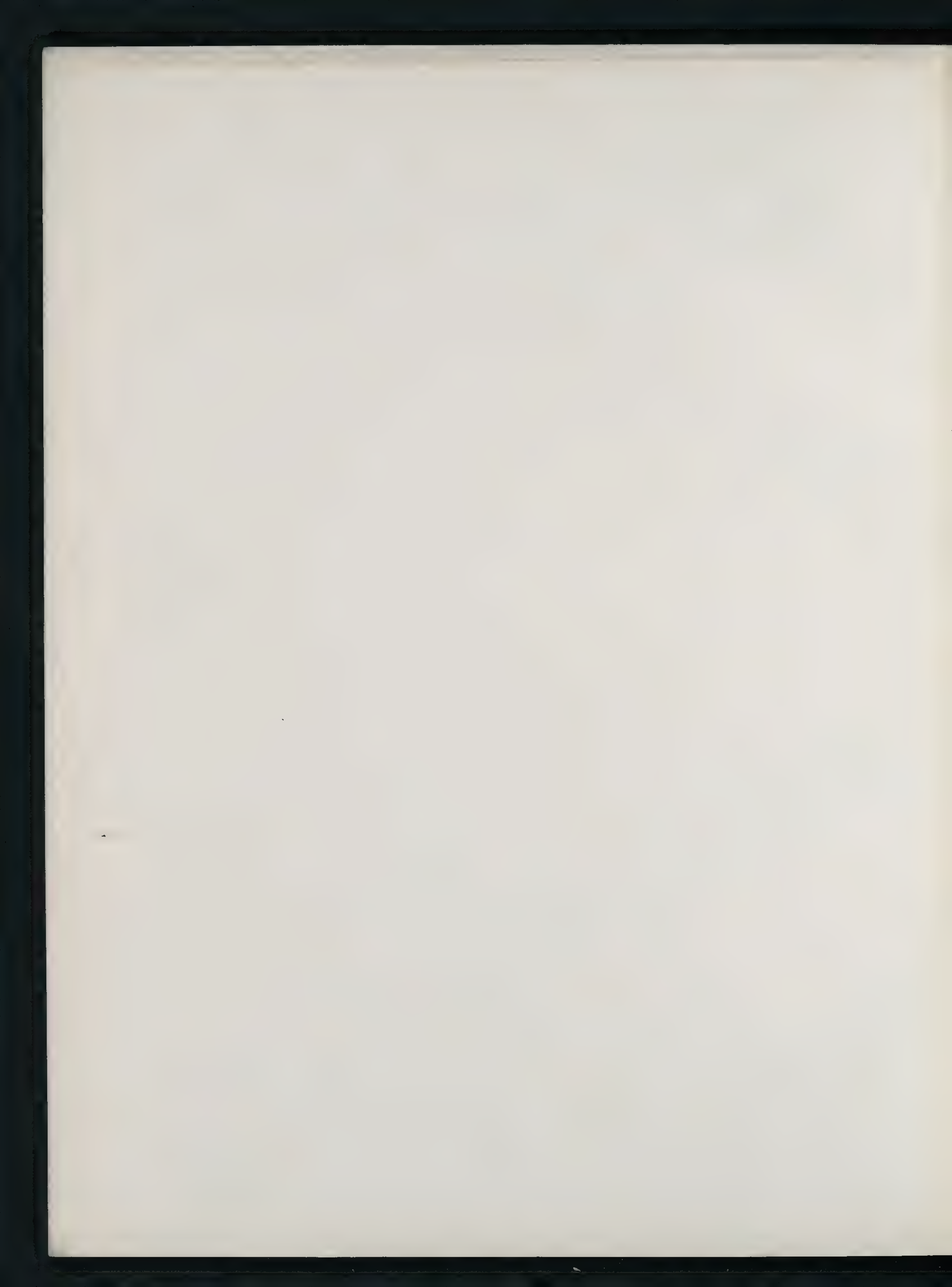


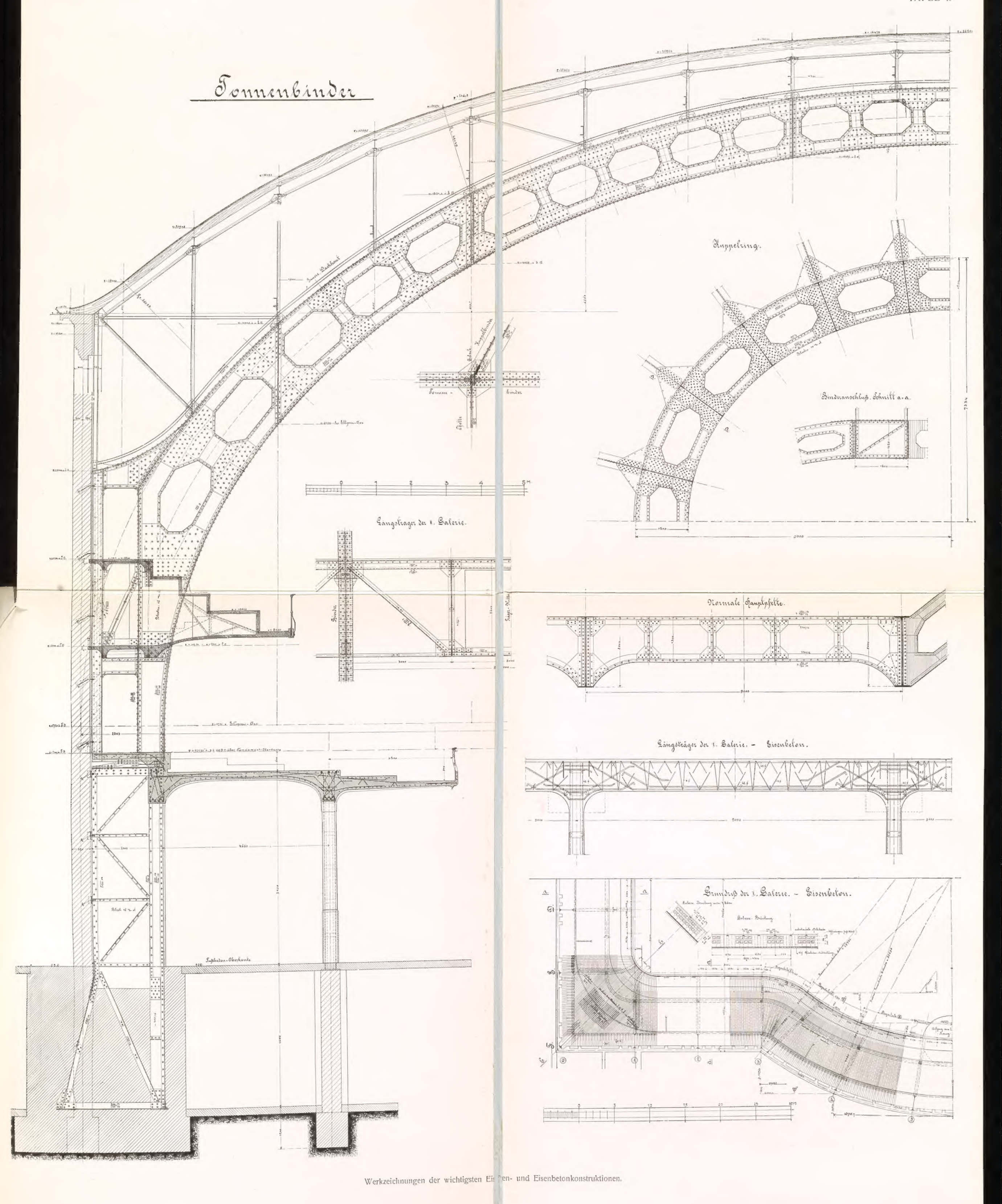
Dachgrundriß.



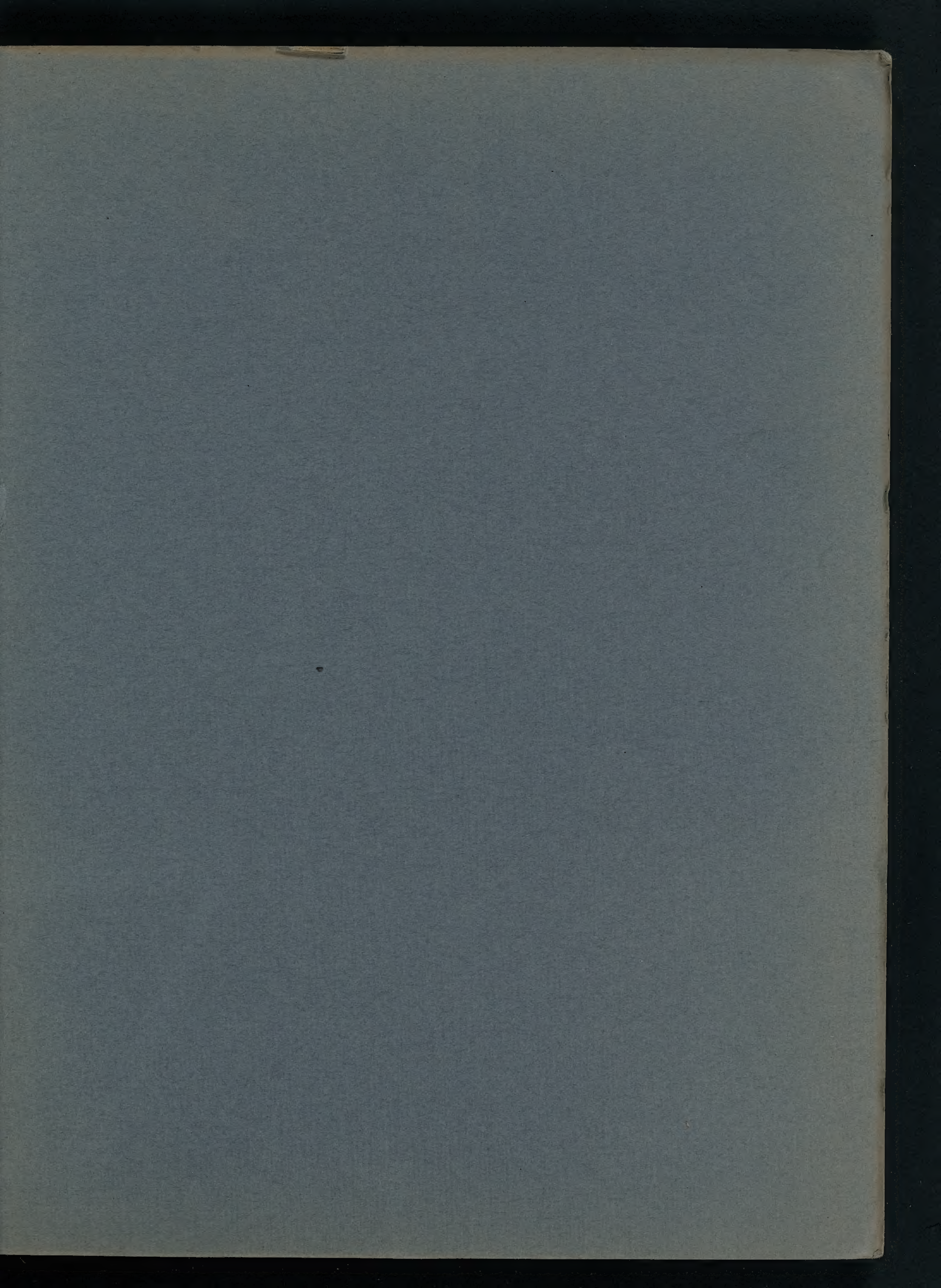


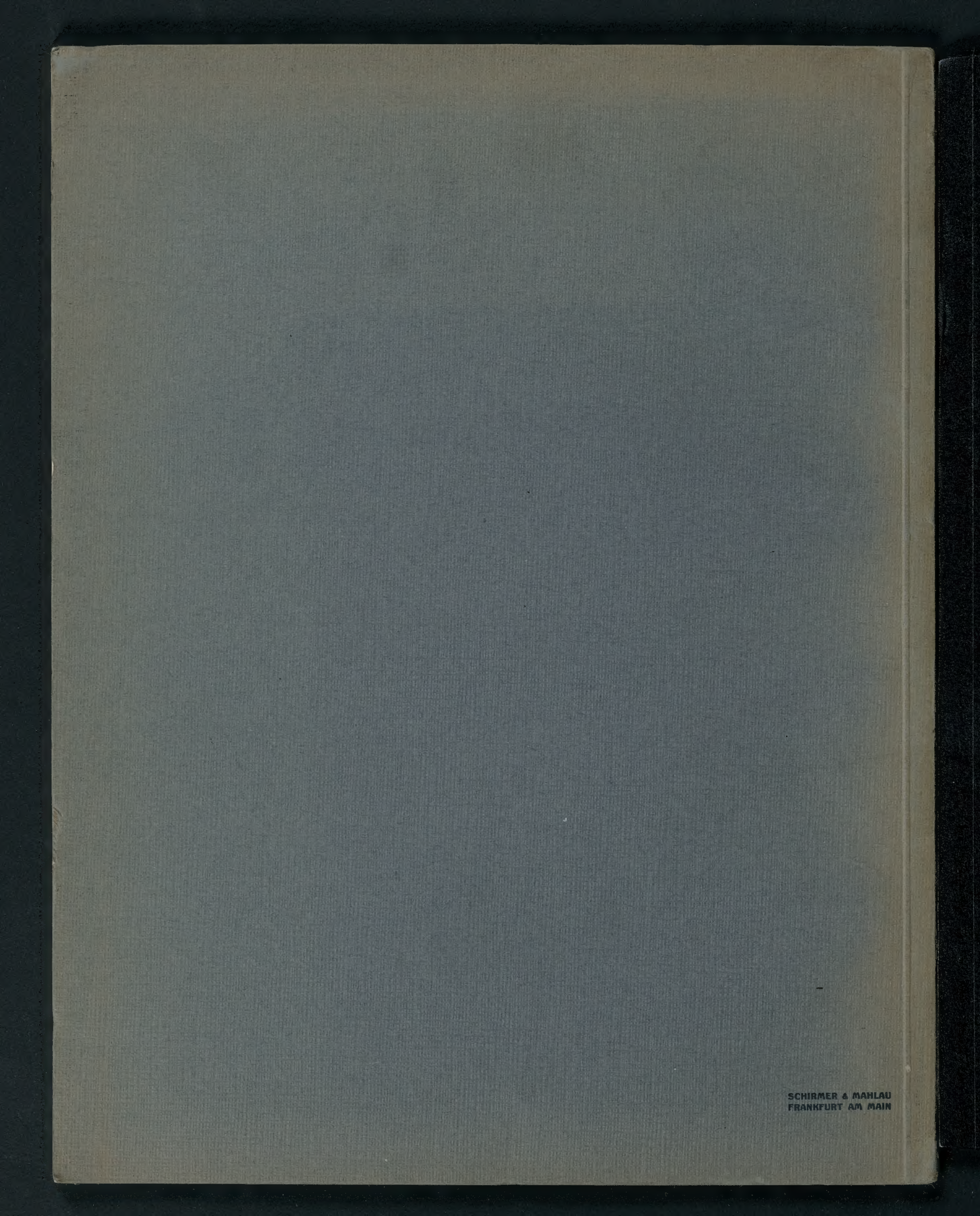
Graphostatische Berechnungen der Kuppelbinder.





Werkzeichnungen der wichtigsten Eisen- und Eisenbetonkonstruktionen.





SCHIRMER & MAHLAU
FRANKFURT AM MAIN